

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОГО ГЕЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОРРОЗИОННОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Ю.А. ЗЫКОВА, Г.В. ЛЯМИНА

Томский политехнический университет

E-mail: zykova_j@mail.ru

POLYMERIC GEL FOR ESTIMATION OF CORROSION RESISTANCE OF TITANIUM ALLOYS

YU. A. ZYKOVA, G.V. LYAMINA

Tomsk Polytechnic University

E-mail: zykova_j@mail.ru

The opportunity of using polemeric gels was determined for estimation of corrosin resistance of titanium alloys. The research work finds out alloying by refractory compounds (ZrO_2 , TiB_2 , SiC) of VT6 and by ZrO_2 of VT1-0 improve corrosion resistance as compared to clean titanium alloys – VT6 and VT1-0.

Введение. В современной медицине широко используются металлы и сплавы для постоянной замены поврежденных участков костной ткани или для ее временной фиксации. Имплантаты, используемые для различных разделов медицины: стоматологии, ортопедии, хирургии позвоночника и челюстно-лицевой хирургии, должны отличаться высокой прочностью, стойкостью к нагрузкам, биосовместимостью, также, немаловажно, высокой коррозионной устойчивостью вследствие того, что среда организма проявляет высокую коррозионную активность [1–3]. Большую часть применяемых имплантатов изготавливают из титана и титановых сплавов. Выбор титана и его сплавов обусловлен его высокой биосовместимостью, низким модулем упругости, низкой теплопроводностью, меньшим, по сравнению со сталью, удельным весом, хорошей коррозионной стойкостью в большинстве сред.

Все коррозионные испытания медицинских сплавов проводят в растворах, близких по составу жидкой среде в организме человека: хлорид натрия. Однако условия реальной эксплуатации таких материалов предполагают их контакт с жидкой средой, мышечной тканью, костной тканью и пр. В простейшем случае, такую среду можно представить как гель. Реакции в гелях принципиально отличаются от таковых в растворах: затруднение отвода продуктов окисления сплава, каталитические свойства продуктов взаимодействия металла со средой и, как, следствие, протекание дополнительных реакций [4–6]. В связи с этим целесообразно коррозионные испытания медицинских металлов и сплавов проводить, в том числе в среде гелей, помимо растворов.

Целью данной работы является оценка коррозионной устойчивости титановых сплавов при контакте их с гель-электролитами на основе метакриловых сополимеров.

Экспериментальные методики. Для объектов исследования были выбраны: чистый технический титан ВТ 1-0, титановые сплавы ВТ6, ВТ1-0, ВТ6 с микронными покрытиями из тугоплавких соединений (TiB_2 , SiC , ZrO_2), которые были получены методом электровзрывного легирования [7, 8] До проведения исследования каждый образец подвергался электронно-пучковой обработке, которая позволила снизить шероховатость поверхности и получить многофазную субмикро- и нанокристаллическую структуру, повышающую физико-механические свойства [9].

Для получения полимерных гель-электролитов использовали: метилметакри-

лат (ММА), метакриловую кислоту (МАК), полиэтиленгликоль (ПЭГ), трифторуксусную кислоту (CF_3COOH). Гели получали по методике, описанной в [5]. Для работы использовали полимерные пленки размером 5×5 см, полученные прессованием гелей при температуре 60°C .

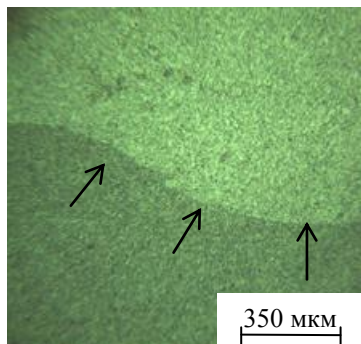


Рисунок 1 – оптическая фотография разделяющей границы на титановом сплаве ВТ 1-0

Полимерные пленки помещали на образцы титановых сплавов на 7 суток и на месяц. Для контроля изменений состояния поверхности сплавов использовали метод оптической металлографической микроскопии (МЕТАМ РВ-21-1).

Результаты и их обсуждение

До нанесения полимерных гелей поверхность образцов в общем случае представляла собой неровный рельеф с «кратерами» различной глубины и диаметром от 20 до 100 мкм, с наплывками, с дефектами в виде темных точечных включений (рис 2 – 5, а).

После удаления полимерных гелей ММА-МАК-ПЭГ и ММА-МАК-ПЭГ- CF_3COOH с поверхностями имела четкая граница, разделяющая область нанесения полимерной пленки (рис. 1), что свидетельствует об удалении поверхностного слоя с титановых сплавов.

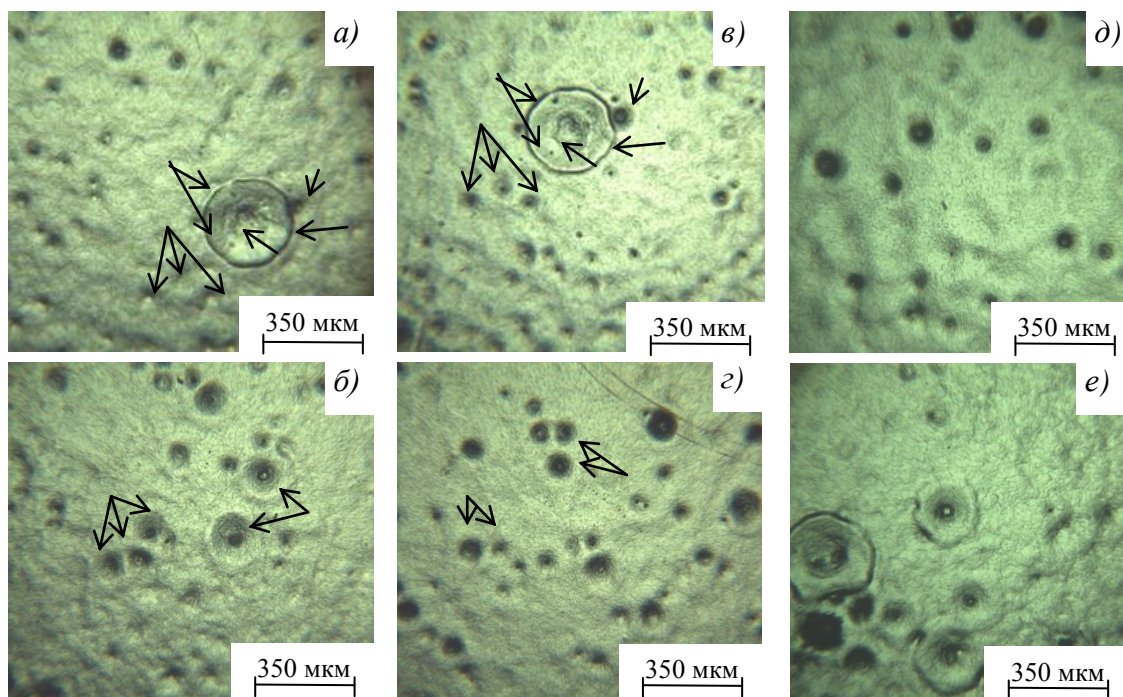


Рисунок 2 – а), б) оптические фотографии титанового сплава ВТ 1-0 SiC (60) до нанесения полимерного геля ММА – МАК – ПЭГ – CF_3COOH и ММА – МАК – ПЭГ соответственно ; в), г) после нанесения полимерного гелей на 7 суток; д), е) после нанесения полимерных гелей на месяц

По степени воздействия полимерного электролита на поверхность исследуемые образцы можно разделить на 3 группы:

1. Изменения на поверхности металла заметны после 7 суток контакта с гелями обоих составов (ММА–МАК–ПЭГ, ММА–МАК–ПЭГ–CF₃COOH).

В эту группу входят сплавы ВТ1-0, ВТ1-0 легированный SiC. На поверхностях этой группы сплавов наблюдается удаление точечных темных включений, заметны более четкие очертания границ наплавок, увеличение и углубление «кратеров» (рис. 2, в, з). У титановых сплавов ВТ6, легированных SiC, наблюдается частичное удаление темных включений.

После месяца контакта, на поверхностях данных титановых сплавов наблюдается интенсивнее удаление точечных темных включений. Границы наплавки, по сравнению с недельным «контактом», видимо четче. Происходит большее увеличение размеров «кратеров» на поверхности, что может являться продуктом снятия верхних слоев сплавов.

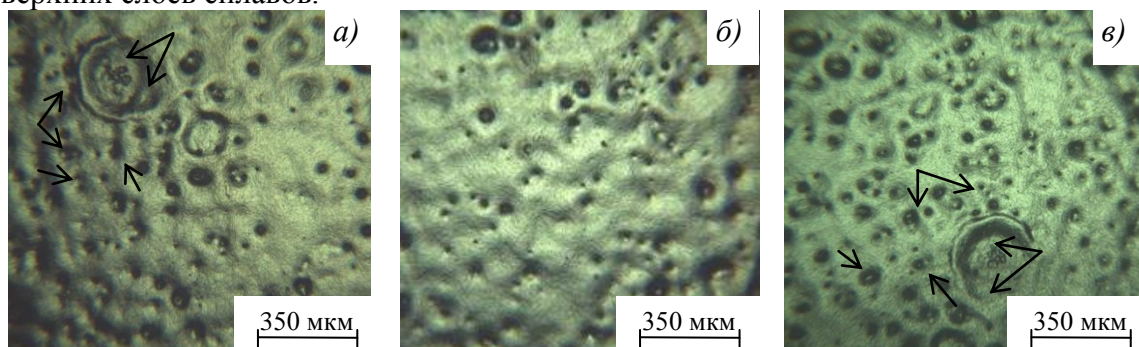


Рисунок 3 – а) оптические фотографии титанового сплава ВТ6 до нанесения полимерного геля ММА – МАК – ПЭГ; б) после нанесения на полимерного геля на 7 суток; в) после нанесения полимерного геля на месяц

2. Изменения на поверхности металла заметны после месяца контакта с гелями обоих составов (ММА–МАК–ПЭГ, ММА–МАК–ПЭГ–CF₃COOH).

К этой группе относятся сплавы ВТ6 (рис. 3), легированные сплавы ВТ1-0 тугоплавкими соединениями TiB₂ и ZrO₂. После месяца контакта гелей с поверхностью этих образцов наблюдается удаление темных точечных включений, чего не было при контакте на 7 суток. Происходит увеличение/уменьшение «кратеров» и резкости на границах наплавок, чего также не наблюдалось при истечении 7 суток

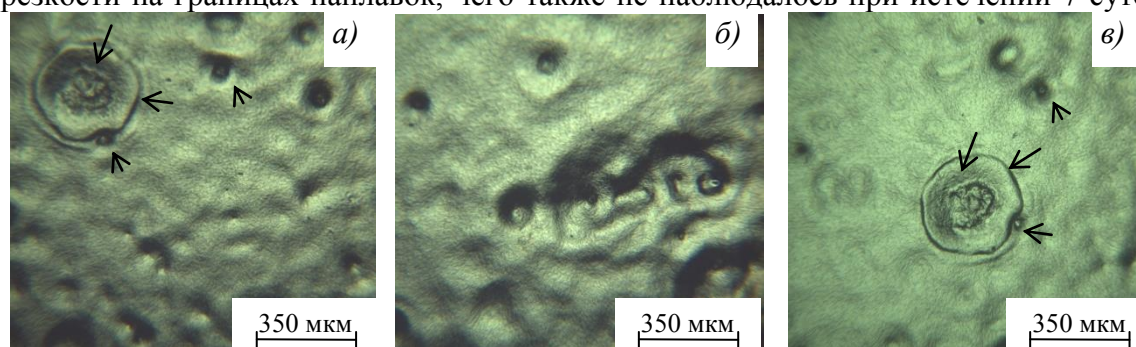


Рисунок 4 – а) оптические фотографии титанового сплава ВТ1-0 с ZrO₂ до нанесения полимерного геля ММА – МАК – ПЭГ; б) после нанесения на полимерного геля на 7 суток; в) после нанесения полимерного геля на месяц

(рис. 4, в).

3. Устойчивые титановые сплавы к действию обоих гель-электролитов независимо от времени эксперимента.

К этой группе относятся легированные сплавы ВТ6 тугоплавкими соединениями ZrO_2 и TiB_2 . Поверхность этих сплавов осталась исходной после эксперимента, только некоторая часть темных включений подверглась удалению (рис. 5). Выявлено, что толщина легированного слоя не повлияла на изменения поверхности. Так, толщина 30 мкм и 35 мкм легированного ZrO_2 слоя в сплаве ВТ6 не отразилась на устойчивости сплава к коррозии.

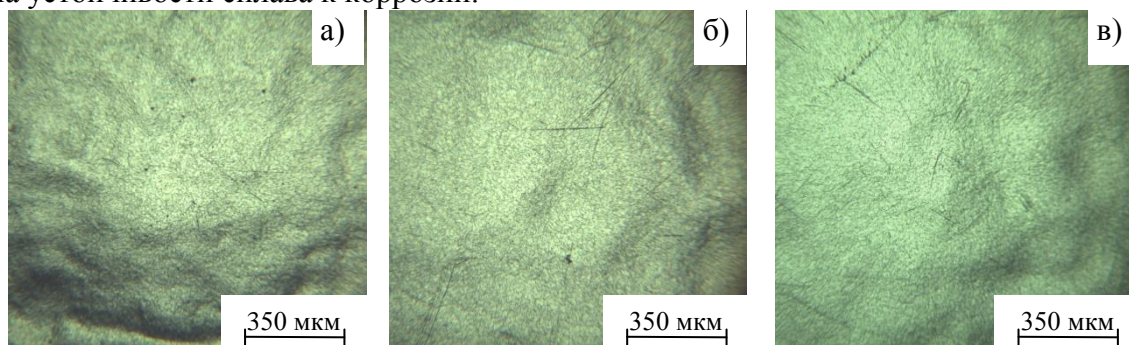


Рисунок 5 – а) оптические фотографии титанового сплава ВТ6 с ZrO_2 (60 мкм) до нанесения полимерного геля ММА – МАК – ПЭГ – CF_3COOH ; б) после нанесения на полимерного геля на 7 суток; в) после нанесения полимерного геля на месяц

Выводы

1. Определена возможность использования полимерных гелей-электролитов для оценки коррозионной устойчивости сплавов.
2. Обнаружено, что легирование титановых сплавов тугоплавкими соединениями увеличивает их стойкость к коррозии в гель-электролитах:
 - легирование сплавов ВТ1-0, ВТ6 соединениями ZrO_2 и TiB_2 увеличивает их стойкость;
 - легирование сплава ВТ6 карбидом кремния незначительно увеличивает коррозионную стойкость.

Выражаем благодарность за предоставление образцов профессору кафедры НМНТ Иванову Ю.Ф.

Список литературы

1. Гнеденков С.В., Ю.П. Шаркеев и др. Функциональные покрытия для имплантационных материалов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2012. - №1. – С.12-19
2. Чертов С.А., Стойков С.В. Обзор свойств материалов, используемых в производстве дентальных имплантатов // Український стоматологічний альманах. – 2013. - №4. – С.101-104
3. Матчин А.А., Клевцов Г.В. и др. Наноструктурированные титановые материалы для стоматологии и челюстно-лицевой хирургии // Оренбургский медицинский вестник. – 2013. – Т1. - №3. – С.29-32
4. Вайтулевич Е.А., Изаак Т.И., Лямина Г.В., Мокроусов Г.М. Вещество для очистки поверхности металлических материалов // Патент РФ 2415971 2011.
5. Dubinina O.V., Mokrousov G.M., Lyamina G.V. Application of polymer gel-electrolytes for cleaning and restoration of steel objects // [Advanced Materials Research](#). 2014. Т. 1040. С. 8-12.
6. Изаак Т. И, Лямина Г.В., Мокроусов Г.М. Структура и свойства гель-

- электролитов на основе метакрилового сополимера // Высокомолекулярные соединения. - 2005. - Т. 47. - № 11. - С. 56 – 61
7. Горюшкин В.Ф., Бендре Ю.В. др. Особенности коррозионной стойкости технически чистого титана BT1-0 после комплексного электровзрывного легирования и последующей электронно-пучковой обработки // Вестник ТГУ. – 2013. - Т18. - №4. – С.1739-1740
 8. Иванов Ю.Ф., Кобзарева Т.Ю. и др. Модификация структуры и свойств поверхностного слоя сплава BT6 электровзрывным легированием и электронно-пучковой обработкой. – 2014. – С.213-216
 9. Иванов Ю.Ф. Закономерности и механизмы формирования нано- и субмикроструктурной многофазной структуры в поверхностных слоях металлов и сплавов при импульсной электронно-пучковой обработке // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2008. - №1. – С.47-52

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИОННОГО РЕЛЬЕФА ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ ОБРАЗЦОВ ТЕХНИЧЕСКИ ЧИСТОГО АЛЮМИНИЯ

М.В. БУРКОВ^{1,2}, В.А. НАГИБИН¹

¹Томский политехнический университет

²Институт физики прочности и материаловедения СО РАН

E-mail: burkovispms@mail.ru

STUDY OF STRAIN FOLDS FORMATION PROCESSES DURING CYCLIC LOADING OF ALUMINUM SPECIMENS

M.V. BURKOV^{1,2}, V.A. NAGIBIN¹

¹Tomsk Polytechnic University

²Institute of Strength Physics and Materials Science

E-mail: burkovispms@mail.ru

Abstract. *The formation of strain texture on aluminum specimen during cyclic tension was investigated. In order to study the differences of strain texture of solid material and thin foil, the images of both specimen's surface and aluminum foil adhesively bonded to the specimen were evaluated. The images were captured using microscope equipped with digital camera and numerically evaluated using set of informative parameters. The informative parameters and their behavior throughout cyclic tests are being analyzed and discussed.*

Введение

Усталостное разрушение является одной из главных причин выхода из строя высоконагруженных конструкций в различных отраслях промышленности: авиации, судостроении, нефтехимии и др. При этом во многих отраслях разрушение может приводить к аварийным ситуациям и катастрофам. Избежать его можно, своевременно обнаружив дефект или повреждение средствами неразрушающего контроля (НК) и проведя ремонт [1]. Существует множество методов НК, обладающих различным диапазоном применимости, чувствительностью и достоверностью контроля. Однако статистика НК свидетельствует о том, что в подавляющем количестве обследованных деталей (более 90-95 %) дефекты не обнаруживаются и конструкция может продолжать эксплуатироваться. Кроме того для проведения контроля часто требуется остановка эксплуатации, что часто требует дополнительных трудозатрат или про-